

脳神経細胞の周期的同期発火現象の生理／数理的モデリング

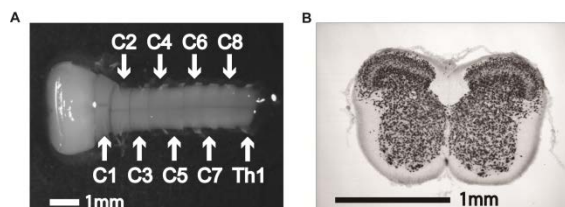
2012年6月14日 統計数理研究所 オープンハウス

みわけいち
三分一 史和 モデリング研究系 准教授

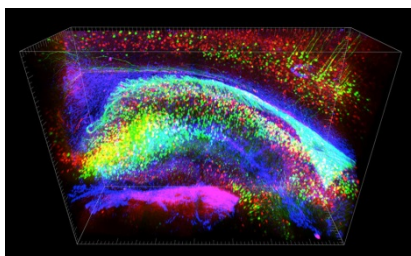
目的

データ主導アプローチをとり、重要かつ代表的な脳機能である周期的同期発火現象に着目し、それを生成する神経集団モデルを実データにより推定し予測型モデルを構築する。そして、実データの予測性能を評価することにより、周期的同期発火現象の数理的意味と生理学的機構を明らかにし、脳の動作原理についての理解を深める。

神経解剖学的アプローチ



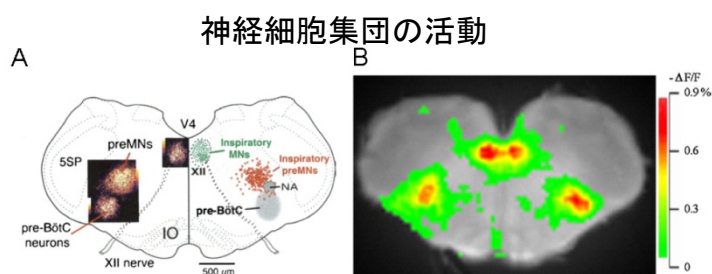
ラット脊髄の横断スライスのNeuN (neuron-specific nuclear protein) で染色組織画像 (提供 島根大学 横田茂文 先生)



脂質を除去した透明脳

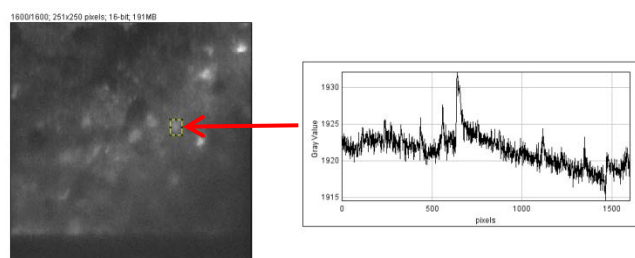
http://www.theregister.co.uk/2013/04/11/transparent_brains/

脳機能計測によるアプローチ



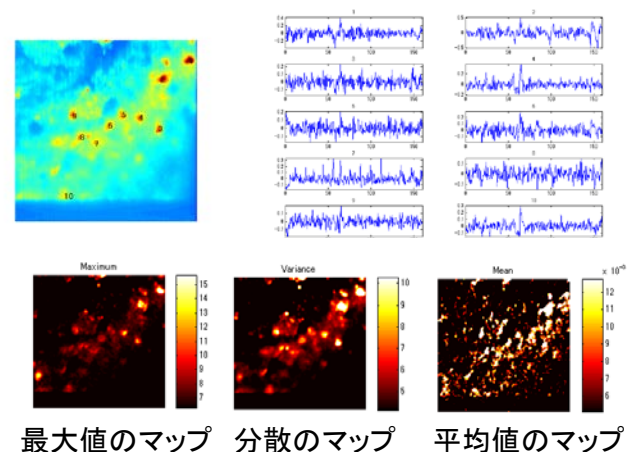
ラット脳幹の呼吸関連部位の膜電位イメージング画像 (提供 兵庫医科大学 越久仁敬 先生)

個々の神経細胞の活動

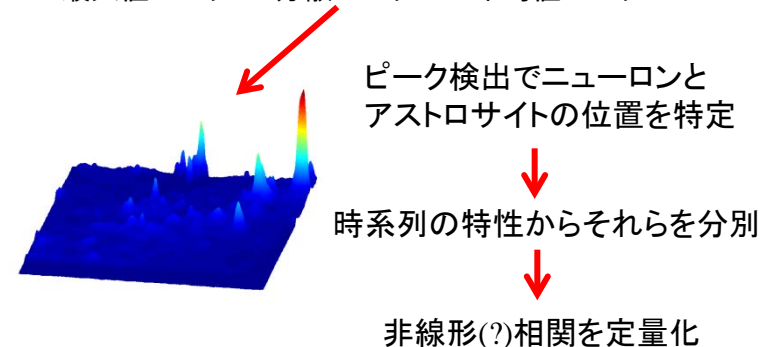


ラット脳幹の呼吸関連部位のカルシウムイメージング画像 (提供 ゲッティンゲン大学 Swen Hülsmann 先生)

ニューロン、アストロサイトの検出と分別

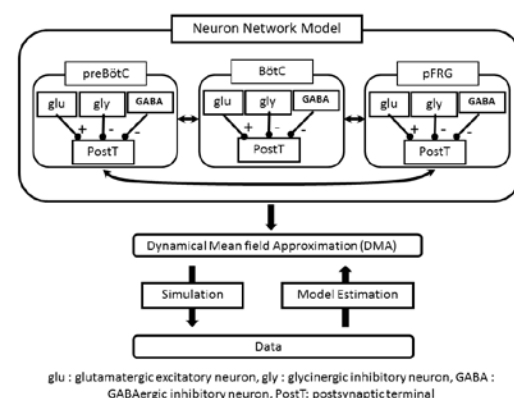


最大値のマップ 分散のマップ 平均値のマップ



ニューロンネットワークモデリングによるアプローチ

神経組織のレベルでの賦活の駆動メカニズムは明らかになっていない。本プロジェクトでは統計学的手法で検出された賦活部位間の因果性を定量化し、ペースメーカー説, ネットワーク説, それらのハイブリッド説の検証を行う。さらに、動力学的平均場近似モデルの構築と実データからのパラメーター推定法の確立を目指す。



観測値 $\rightarrow x_{i,j}(t) = f(x_{i,j}(t-1), x_{i,j}(t-2), \dots | \eta) + y(t) + \alpha_{i,j}(t) + \varepsilon_{i,j}(t)$

**膜電位
イメージング**

f : 自己フィードバックに対応する写像関数

$y(t) = E(q_l(\delta t)), l = \{1, \dots, N\}, E$: N 個の振動子の期待値

$q_k(\delta t) = \psi(q_m(\delta t-1), q_m(\delta t-2), \dots | \zeta_k) + \xi(\delta t)$, k 番目の振動子の値

$m \in M$ (M : 相互作用する振動子のインデックスの集合[自己結合も含む])

ψ : 振動の物理モデルに対応する写像関数

ξ : 予測誤差

**カルシウム
イメージング**

観測値 $\rightarrow z_k(\delta t) = q_k(\delta t) + \beta_k(\delta t)$, β_k : 観測誤差